

D R E A M

PARADISE

筑梦天宫

从万户飞天到中国空间站

中国科学院空间应用工程与技术中心 ◎ 编著
新华社对外部中国特稿社

从古代火箭的发明，到载人航天的实践，
从万户飞天的壮举，到建设中国空间站，
中国人追逐梦想、探索宇宙的脚步从未停止。



科学出版社

D I L A M

PARADISE

筑梦天宫

从万户飞天到中国空间站

中国科学院空间应用工程与技术中心 编著
新华社对外部中国特稿社



科学出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

筑梦天宫：从万户飞天到中国空间站 / 中国科学院空间应用工程与技术中心，新华社对外部中国特稿社编著.

—北京：科学出版社，2016.11

ISBN 978-7-03-050307-7

I. ①筑… II. ①中… ②新… III. ①航天—技术史—中国—普及读物 IV. ①V4-092

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第255570号

责任编辑：朱萍萍 侯俊琳 / 责任校对：张凤琴

责任印制：张 倩 / 封面设计：有道文化

装帧设计：北京美光设计制版有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

北京利丰雅高长城印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年11月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2016年11月第一次印刷 印张：8

字数：120 000

定价：48.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

探索空間科學世界
引領空間應用發展
實現科技強國之夢

白雲禮題

编委会

顾问	顾逸东		
主任	高 铭		
委员	刘树军	赵光恒	王志伟
	吕从民	李绪志	钟红恩
	郭丽丽	张双南	刘 亮
	杨 吉		
策划	张 伟	孔 健	顾钱江
	侯俊琳	全晓书	
撰稿	喻 菲	王晨曦	杨春雪
	刘 伟		
插画	贺 萌		



序

探索太空是人类自古以来就怀有的梦想，从中国明朝利用火药燃烧推进火箭飞向太空的万户飞天尝试，到第二次世界大战时德国利用乙醇和液氧推进的 V-2 导弹首次摆脱地心引力，再到美国成功实现的举世瞩目的人类登陆月球，人类矢志不渝地进行着太空探索。随着航天技术的持续、迅猛发展，人类太空探索的梦想已触手可及。

新中国的航天事业自 1956 年开始。1970 年 4 月，东方红一号人造卫星的成功发射标志着中国航天时代的启动。1992 年 9 月，中国的载人航天工程正式起步，确定了三步走的发展战略。第一步，发射载人飞船，建成初步配套的试验性载人飞船工程，开展空间应用实验。第二步，突破载人飞船和空间飞行器的交会对接技术，发射一个空间实验室，解决有一定规模的、短期有人照料的空间应用问题。第三步，建造载人空间站，解决有较大规模的、长期有人照料的空间应用问题。

由 1999 年 11 月第一艘无人实验飞船神舟一号在酒泉卫星发射基地顺利升空，到 2003 年 10 月第一艘载人飞船神舟五号和首位航天员杨利伟成功进入太空，再到 2011 年 9 月首个空间实验室天宫一号应用任务顺利实施，中国的载人航天走出了一条自力更生、科学规划、稳步发展的道路。

20 余年来，载人航天充分利用神舟系列飞船及天宫一号目标飞行器，开展了近 50 项空间科学研究，研制了 500 余台（套）有效载荷，圆满完成了历次飞行试验任务。在空间生命科学与生物技术、微重力流体和燃烧科学、空间材料科学、微重力基础物理、空间天文、空间物理与空间环境、空间地球科学与应用以及空间应用新技术试验等方面取得了一批具有重要价值的科学与应用成果，产生了显著的社会效益。

2016年9月15日，天宫二号空间实验室从酒泉卫星发射中心顺利升空。它是中国第一个真正意义上的空间实验室，将支持在轨开展14项空间科学与应用任务，包括全球第一台空间冷原子钟实验、开辟天文观测新窗口的伽马暴偏振探测、新一代对地遥感器地球观测等体现世界科学前沿和战略高技术发展的空间科学实验，同时开展航天员在轨中期驻留、在轨推进剂补加、机械臂在轨维修操作等未来空间站关键技术的试验验证。

本书以未来中国空间站为着眼目标，以天宫二号空间实验室为重点，采用拟人生动的手绘图片、令人震撼的摄影照片、浅显易懂的文字相结合的方式，翔实地描述了天宫二号将开展的若干项科学意义重大的科学实验，向广大读者立体呈现了空间科学实验的无穷魅力。对中国空间站将开展的大规模空间科学与应用任务进行了想象和展望。同时，以中国科学院天体物理学家张双南研究员、量子物理学家刘亮研究员、清华大学生命科学家纪家奎教授、中国科学院有效载荷运控专家郭丽丽研究员等开展空间研究与应用的科学家为代表，刻画了我国从事空间研究的科学家们不断追求卓越、勇于创新超越的科学精神。

本书由中国科学院空间应用工程与技术中心提供空间任务和空间科学实验的基础资料并联系安排了对实验科学家的现场采访，空间应用有效载荷的承研单位和科学家们给予了有力支持，新华社特稿社知名记者执笔，科学出版社科学人文分社对本书的内容和编辑工作给予了大力帮助，在此表示衷心的感谢。


2016年九月

中国科学院空间应用工程与技术中心主任
中国载人航天工程空间应用系统总指挥



目 录

1 宇宙那么大，我想去看看

我们在宇宙中是孤独的吗	2
寻找第二个地球	7

2 离开地球

人类进入宇航时代	12
太空中来了中国人	17
空间站——太空生活第一步	20
中国为什么也要建空间站	23

3 “天”上“宫”阙——太空中的实验室

天宫一号——空间实验室也有试验版	25
天宫二号——中国首个真正意义上的空间实验室	28
天宫二号上有哪些太空实验	31
太空实验的“大管家”	34



4 有趣的太空实验

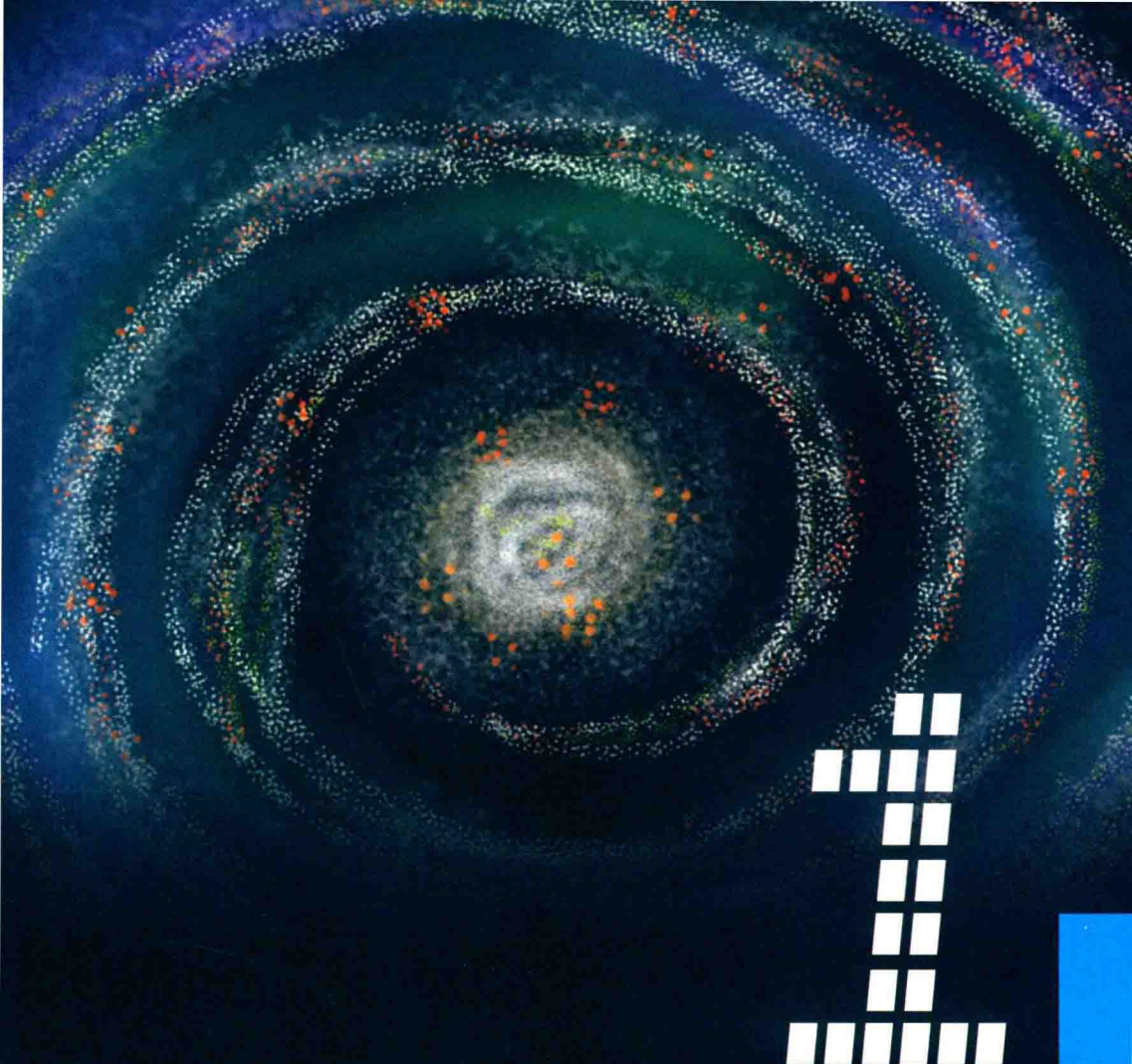
从太空看地球	38
宇宙有多美就有多危险	43
“小蜜蜂”与宇宙中最闪耀的爆炸	46
太空“八卦炉”炼的是什么“英雄材料”	55
天上传来不可破解的密码	59
在太空搭一座液体的桥	65
我们能到火星上种土豆吗	69
太空中的一只特别准的钟	79

5 展望中国空间站

中国空间站长什么样	88
中国科学家要去空间站上做哪些大事	
——未来空间站的仿真设计	92

6 天宫与空间站背后的科学家

寻找宇宙中的“没缺陷不常见”	101
打造太空里最准的原子钟	106
在太空研究生命之美	110
太空实验“大管家”炼成记	115



宇宙那么大，我想去看看

当人类探寻的目光从地球投向茫茫太空，会发现在那漆黑的虚空之中有无数的星星点点在闪烁。那里也许存在着第二个地球，上面也会有生命，甚至是和我们人类相似的智慧生命。好奇之心驱使着我们去探索，去发现茫茫宇宙中的这些秘密。

我们在宇宙中是孤独的吗

当人类发现地球只是一个围绕太阳旋转的行星，而宇宙中有数不清的恒星和各自的行星，便自然而然地有了这个问题：地球是这个宇宙中唯一有生命的天体吗？生命到底是什么，一定得是和地球上一样的碳基生命吗？如果存在地外生命，我们怎样才能找到他们？

生命的基本要素

不少大科学家都认为，地球不可能是唯一的有生命的星体，生命存在的形式多种多样。英国著名物理学家史蒂芬·霍金就认为，外星生命存在于宇宙的许多地方，可以存活在行星或恒星上，甚至飘浮在行星间的广阔空间中。道理很简单，宇宙有大约 1000 亿个星系，每个星系都包含了无数颗恒星和行星。如果认为地球是广袤宇宙中唯一有生命的星体，就好像认为一大片田野里只长出一株庄稼一样。



图 1-1 孤独的地
地球是一大片田野中唯一的庄稼吗？



地球在形成之后，地表经过了剧烈的地理变迁，滚滚岩浆奔流不息。之后，随着地表温度下降并冷却，地球内部的气体跑了出来，变成雨水降到地面。这一场伴随着电闪雷鸣的“洪荒之雨”下了不知道多久，地球的海洋从此诞生，里面充满了各种伴随着闪电和宇宙射线照射之下产生的有机质，就像一大锅含有氨基酸、核苷酸等复杂大分子的浓汤一样。

在具备了适宜生命存在的环境和构成生命的有机质之后，地球仍然等待了相当长的时间才诞生了最简单的单细胞生物，再演化成现在的原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界和动物界以及各自的门纲目科属种。其中很多关键的演化节点依然是偶然因素触发的。同样，对地外生命的演化，人类也无法做出确切的描述，只能是给出一些生命生存的必要条件。根据这些条件，天文学家通过各种手段观测到了天体的各种物理数据，从而筛选出了具备这些必要条件的星体。

经典生物学对生命的定义是，在自然条件下，通过化学反应生成的具有生存能力和繁殖能力的有生命的物体以及由它（或它们）通过繁殖产生的有生命的后代，能够对外界的刺激做出反应。

在传统观念中，生命的组成离不开碳元素。由于碳的化学特性和在地球上的广泛存在，其成为地球上一切有机体和生命的基本“骨架”。以碳元素为基础，氢、氧、氮、磷等元素构成了生命的基本单元，比如能量交换、遗传信息、繁殖复制等系统。如果以碳基生命为标准，那么如果某个星体有生命存在，就必然要满足和地球类似的条件了，以维持碳基生命的生存环境。科学家们总结出了恒星系和行星的两类条件：

首先，恒星以及恒星系要具有安全的宇宙环境。比如，恒星有稳定的聚变活动，提供稳定的光照，不会频频发出致命的高能射线。恒星系内的各大行星轨道稳定，互不干扰碰撞，小行星和陨石也不能长期地频繁撞击行星。否则，碳基生命很难在来自外太空的射线、陨石袭击下生存和进化。

在满足第一个条件后，行星的自转与公转周期适中、行星的体积和质量适中、与恒星的距离适中，可以确保行星表面适宜的温度、水多以液态存在、有适宜呼吸的大气等条件。这样，生命有了适宜的环境（水、大气等），才有可能长期生存和进化。

有了上述基本条件，天文学家就可以通过观测各个星系筛选掉不符合的星



系，比如经常爆发高能射线的恒星、行星公转轨道飘忽、小行星频频撞击行星等。人类制造的空间站就是观测天体的重要平台之一，上面可以搭载各种观测仪器，包括可见光和不可见的其他波段，观测某个恒星系的行星轨道、恒星与行星的质量、行星化学元素组成、行星大气成分、行星表面温度和地质活动等。

仅仅用以上的标准就能筛去大部分人类现在已经能观测到的天体了。天体物理学家计算后推测，大约有 10% 的星系都支持生命系统的存在。

最新的天文学观测项目甚至可以通过互联网让普通人也加入寻找地外生命的努力之中。2015 年，俄罗斯科学慈善家尤里·米尔纳联合了史蒂芬·霍金等著名科学家，启动了耗资 1 亿美元的“突破监听”计划，利用互联网云计算探测地外生命。在这个计划中，全球各地的科学家和感兴趣的普通民众，可以利用计划中的开放平台软件分析天文望远镜探测到的宇宙的海量数据，从而加快寻找地外生命的步伐。

同时，他们还启动了耗资 100 万美元的“突破信息”计划，向外星智慧生命发出文明信号。这个计划主要是为了设计出能够代表地球、地球生命和人类的文明信息，并且能够被潜在的地外智慧生命所理解。同时，这个计划还希望能够激发起人类对如何与外星智慧生命交往的讨论。

当然，如果真的有“外星人”存在，并且能够和他们建立通信联系，那么怎样与之打交道的确是一个关乎人类未来的重要问题了。正如中国著名科幻小说《三体》所描述的那样，如果接收到人类信息的外星人的文明程度远远高于人类，那么地球将要面临的到底是和平还是战争呢？不少科幻电影，如《独立日》《明日边缘》《遗落战境》，都对此进行了预言。

生命必须要由碳元素构成吗？

随着科学的进步，我们对生命的认识也在进步和发展。在科幻小说中，位于元素周期表中碳元素下方的硅元素常常被寄予厚望，成为“硅基生命”的骨架。虽然现在还没有发现真正的硅基生命，但对于碳基生命的另一个不可或缺的元素——磷，却已经发现了其替代品——砷。

2010 年，美国国家航空航天局（NASA）资助的一个科研项目发现，在极

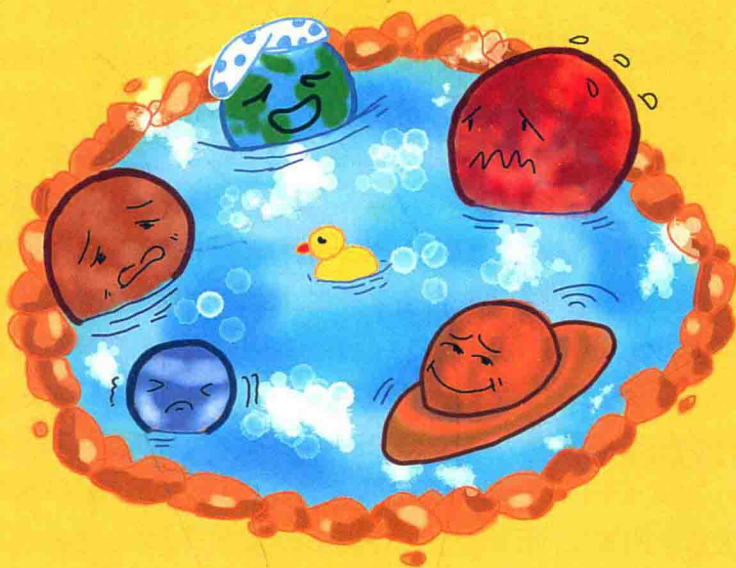


图 1-2 星球洗澡

行星所处的环境差别很大，有的太冷，有的太热，只有地球上的温度刚刚好

端环境下，少数微生物能够利用砷取代磷在生命体中的所有功能。这是人类首次证实了组成生命必需的元素可以被替代，也说明了以碳、氢、氧、氮、磷之外的元素组成“生命”是有可能的。

2012 年，英国格拉斯哥大学的科学家更是“制造”出了具有某些细胞活动功能的含金属的大分子“泡沫”。这种包含钨、氧和磷的大分子金属氧酸盐物质形成的泡沫，可以有选择性地让化学物质进出，并完成光合作用的初始步骤。虽然这离严格意义上的生命体还差得很远，但足以让人浮想联翩了。

由于地球的环境和所含化学元素的分布特点，我们传统意义上对生命的定义只是狭义的，对地外生命的探索条件也是狭义的。随着科学的进步，特别是对极端环境下生命体的研究，我们对生命的定义和生存条件将会大大拓宽。

到那时候，探寻地外生命的条件将更加宽泛。在离恒星更近的行星上，可能会在上千摄氏度的液态金属中存在生命体。在离恒星更远的低温气态行星中，也可能会有低温下靠甲烷生存的“细菌”……也许当初淘汰的 90% 的星系会给我们不小的惊喜。

寻找第二个地球

地球在宇宙中是如此的脆弱和渺小，小行星、彗星等各种天体撞击地球的危险一直存在，太阳也终有一天会衰老死去，地球上的能源也总有不够用的那一天。人类文明要想繁衍下去必须离开地球。

离开地球后去哪里

首先要解决的就是，我们离开地球后要去哪里。根据人类航天科技发展的阶段和人类在地球上面临的危机程度，可以把我们的目标划分为地球轨道太空城、月球或火星殖民地、其他星系的宜居行星——第二个地球。

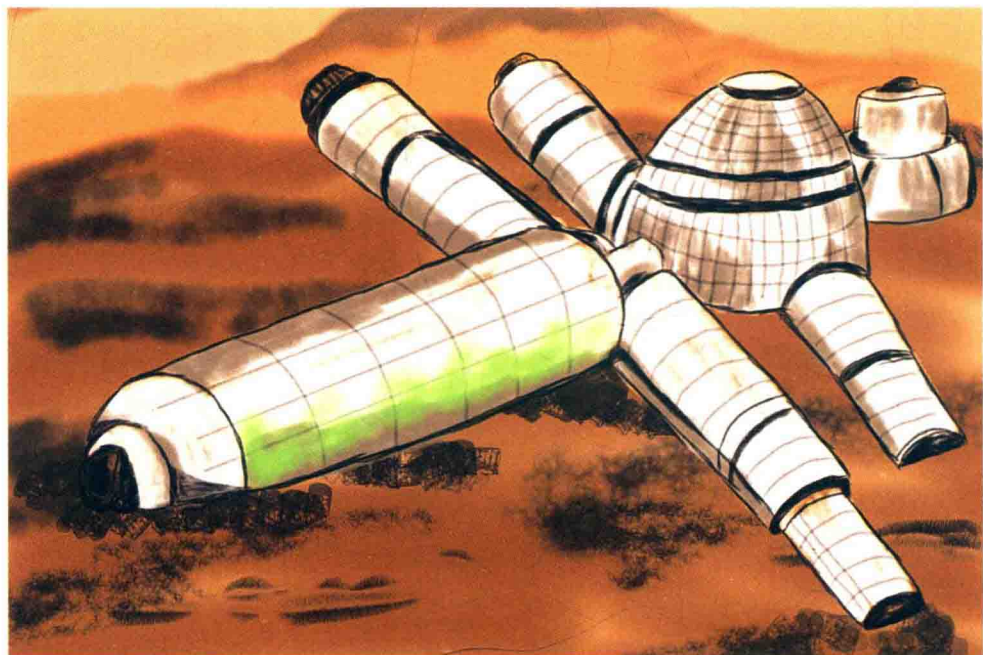


图 1-3 火星基地
人类的火星基地很有可能是这副模样



第一个阶段是地球轨道太空城，这是近期内人类航天科技水平可以达到的阶段。以现有的空间站制造和运营技术，逐渐扩大规模、增加生活空间和生命循环系统容量等，太空城并非不可实现。据美国 2014 年进行的一项太空探索研究显示，人类现在无法建造太空城的主要原因不是科技水平不够，而是政治、财力和国民认知层面的阻碍。

第二个阶段是月球或火星殖民地。2016 年上映的科幻电影《火星救援》生动的描述了火星小型殖民地的场景。火星、月球的确是人类建设地外殖民地的首选，这两个星球离地球最近，人类的航天器多次造访并着陆，不少国家对在火星和月球上建立太空基地进行了研究。2011 年中国志愿者还参加了人类首次全面模拟载人火星探测的试验。虽然几十年之内人类的航天运载能力还不足以实现大规模的对火星和月球殖民，但只要有迫切的需求，航天科学家们经过几十年至上百年的时间的努力，还是有希望实现这个目标的。

第三个阶段是寻找其他星系的宜居行星，也就是第二个地球。这个阶段是最复杂，也是最难实现的。

寻找第二个地球

首先，人类必须寻找到适合自己居住的行星。和寻找适合生命存在的星球不同，适宜人类居住的条件更加苛刻。以地球的环境作为参照，第二个地球必须具备和地球相差不大的温度、光照、气候、大气成分等环境。如果上述条件达不到，人类也许可以建立小型的基地，但大规模殖民是很难做到的。

为了寻找这样的行星，我们可以使用上面提到的寻找地外生命的方法，只不过标准更加严格。为了达到和地球相差不大的标准，恒星系和里面的目标行星必须具备一定的天文学特征，包括近圆形的行星轨道、位于恒星的宜居带、行星化学元素组成和地球类似、行星大气不能含有太多有毒气体、行星表面温度不能太高也不能太低、地质活动不能太频繁等。

有了这些标准，前面提到的可能存在生命的 10% 星系中，又有大部分将被淘汰掉，满足条件的行星可谓是“亿里挑一”。美国国家航空航天局（NASA）的开普勒太空望远镜已经发现了十多个位于宜居带内、直径为地球的 1 ~ 2 倍



的行星。其中，2015年新发现的开普勒 452b 这个类地行星距离地球 1400 光年，绕着一颗与太阳非常相似的恒星运行。它的体积是地球的 1.6 倍，公转一圈是 385 天。开普勒 452b 到恒星的距离，约等于地球到太阳的距离。

最新的发现来自 2016 年。欧洲南方天文台的科学家发现，有一颗类地行星（编号比邻星 b）围绕着离太阳最近的恒星——半人马座比邻星转动。比邻星 b 每 11 天就绕着它那顆寒冷的红色母星比邻星公转一圈，表面温度也适合液态水存在。这颗岩石星球只比地球略重一点儿，也许是距离我们最近的有生命存在的行星了。

其次，是对精心挑选出来的候选“第二地球”进行探测，确定是否真的适合人类移民。毕竟对于动辄数百甚至上千光年航程的星际远航而言，选择错误的目标是人类无法承受的失误。

探测这些候选者可以分为近地轨道探测和深空探测。比较容易实现的是近地轨道探测，即利用近地球轨道上的探测设备对第二地球进行探测。但是这种探测距离遥远，由于技术上的限制，很多关键数据无法获得或者无法确保精确。于是，发射星际航行器到第二地球附近进行深空探测就成了必要的补充。

人类现在的航天技术手段还无法实现光速或者亚光速，因此对遥远的第二地球进行深空探测必须另辟蹊径。启动了“突破监听”和“突破信息”计划的俄罗斯科学慈善家尤里·米尔纳，推出了“突破摄星”计划。这个预算为 1 亿美元的计划提出，研发基于单个芯片、质量不足 1 克的“纳米探测器”，并配备轻质光帆，可以通过地球上的高能激光阵列将其速度提升到光速的 20% 以上。这样，人类可以探测距离地球最近的半人马座阿尔法星或者比邻星。

如果该计划成功实现，“纳米探测器”将在发射后大约 20 年到达半人马座阿尔法星的宜居带，将用其携带的摄像设备捕捉行星的科学数据，将其传回地球。这一项目引起了公众的广泛关注，“脸书”创始人、亿万富翁扎克伯格也参与其中。受此启发，NASA 创新先进概念研究已开始支持类似项目，研究如何在很短时间内将微型探测器推进到 0.1 倍光速或更快。